



DEUTSCHES  
PATENTAMT

21 Aktenzeichen: P 37 19 283.3  
22 Anmeldetag: 10. 6. 87  
43 Offenlegungstag: 22. 12. 88

DE 37 19283 A1

71 Anmelder:

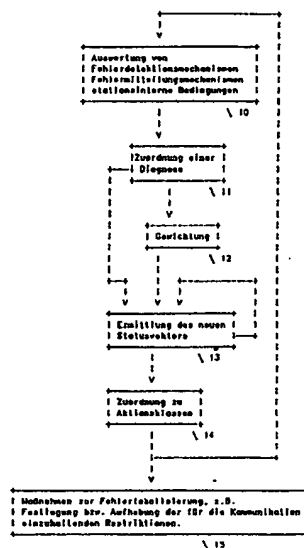
Robert Bosch GmbH, 7000 Stuttgart, DE

72 Erfinder:

Botzenhardt, Wolfgang, Dipl.-Ing., 7320 Göppingen, DE; Dais, Siegfried, Dipl.-Phys. Dr., 7016 Gerlingen, DE; Kiencke, Uwe, Dipl.-Ing. Dr., 7140 Ludwigsburg, DE; Litschel, Martin, Dipl.-Ing., 7143 Vaihingen, DE; Unruh, Jan, Dr., 7000 Stuttgart, DE

54 Verfahren zur Lokalisierung defekter Stationen in lokalen Netzwerken und dazugehöriger Schnittstellencontroller

Es wird ein Verfahren zur Lokalisierung defekter Stationen in lokalen Netzwerken, die aus mehreren lokal verteilt arbeitenden Stationen bestehen, vorgeschlagen. Das Verfahren ist gekennzeichnet durch eine stationsinterne, statistische Auswertung externer und/oder interner Fehlersignale. Außerdem wird ein entsprechend arbeitender Schnittstellencontroller vorgeschlagen. Als eines der Anwendungsgebiete wird der Einsatz in lokalen Netzwerken für Automobile angegeben (Fig. 4).



Figur 4

DE 37 19283 A1

BEST AVAILABLE COPY

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Lokalisierung defekter Stationen in lokalen Netzwerken mit mehreren verteilt arbeitenden Stationen, die über Fehlererkennungs- und Fehlermitteilungsmechanismen, die unter Berücksichtigung stationsinterner Bedingungen wirken, verfügen, **gekennzeichnet durch** eine stationsinterne statistische Auswertung externer und/oder interner Fehlersignale.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß aus Fehlererkennungsmechanismen (FD), Fehlermitteilungsmechanismen (FM) und stationsinternen Bedingungen (IB) eine Diagnose  $D(FD, FM, IB)$  gewonnen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß unter gewichteter Verwendung der Diagnose  $D(FD, FM, IB)$  Statusworte modifiziert werden.
4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß abhängig von der Gesamtheit der Inhalte der Statusworte (Statusvektor) spezielle Aktionen ausgelöst werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß als Aktion wenigstens eine der folgenden Maßnahmen ausgelöst wird:
  - Benachrichtigung der Anwendungsebene wegen häufiger Busstörungen
  - Benachrichtigung der Anwendungsebene wegen abgeklungener Störungshäufigkeit des Busses
  - Veränderung der Regeln für den Buszugang
  - Wiederherstellen der normalen Regeln für den Buszugang
  - Aussetzen der Zulassung von Fehlermeldungen
  - Wiedenzulassung des Absetzens von Fehlermeldungen
  - Durchführung der Selbstabschaltung
  - Wiederanschließung abgeschalteter Stationen
6. Verfahren nach wenigstens einem der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß keine Verwaltung oder Übertragung von Informationen über die Systemkonfiguration erforderlich ist.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß im Rahmen der statistischen Auswertung tolerierbare Verhältnisse bezüglich des Auftretens bzw. des Nichtauftretens von relevanten Fehlersignalen festgelegt werden.
8. Schnittstellencontroller zur Steuergerätekopplung in lokalen Netzwerken, insbesondere in Automobilen, gekennzeichnet durch Mittel zur stationsinternen, statistischen Auswertung externer und/oder interner Fehlersignale.

## Beschreibung

## Stand der Technik

- Ein lokales Netzwerk (Fig. 1) dient der Übertragung von Informationen zwischen mehreren Stationen, die über einen Bus miteinander verkoppelt sind.
- Die Kommunikation findet in der Weise statt, daß Informationen von den Senderstationen codiert und als Botschaften bitseriell übertragen werden. Je nach Buskonzept kann es eine oder auch mehrere Empfängerstationen geben, die eine Botschaft entgegennehmen und die Information decodieren.
- Die Art, wie die Empfänger einer Botschaft ermittelt werden, hängt wesentlich vom Buskonzept ab (SAE-Papier 830 536).
- In manchen Systemen sind die Stationen mit Stationsadressen versehen, wobei in den Botschaften die Adressen von Sender und Empfänger als Bestandteil enthalten sind. Eine Station wird zum Empfänger einer Botschaft, wenn sie ihre Stationsadresse in der Botschaft findet. Das bedeutet aber, daß der Anwender zur Übertragung einer Botschaft die Stationsadressen anderer Stationen kennen muß.
- Sollen mehrere Stationen eine Botschaft empfangen, dann muß diese Botschaft von der Senderstation mehrfach mit jeweils passenden Empfängerstationsadressen gesendet werden. In solchen Systemen müssen also Elemente der Systemkonfiguration auf der Anwendungsebene bekannt sein und verwaltet werden. Andere Systeme kennen keine Stationsadressen und die damit verbundene eingeschränkte Systemflexibilität. Bei diesen Systemen ist jede Information durch einen Identifikator eindeutig gekennzeichnet. Aufgrund des Identifikators entscheidet jede Station, ob sie die Botschaft entgegenzunehmen hat oder nicht. Dabei kann eine Botschaft von mehreren Stationen gleichzeitig empfangen werden.
- Ein Beispiel für ein solches lokales Netzwerk ist das für den Einsatz in Automobilen konzipierte Controller Area Network (CAN) (SAE-Papier 860 391).
- Um Datensicherheit in lokalen Netzwerken zu gewährleisten, überprüfen Empfängerstationen die Korrektheit einer empfangenen Botschaft mittels Fehlersicherungsverfahren und melden der sendenden Station den korrekten oder nicht korrekten Empfang der Botschaft zurück. Eine solche Rückmeldung kann durch Quittierung der Botschaft in einem speziellen Acknowledgement-Sektor erfolgen (Fig. 2). Es können auch spezifische Bitsequenzen als Fehlermeldung vorgesehen sein, die im Fehlerfall von jeder Station dazu benutzt werden, eine laufende und als fehlerhaft erkannte Übertragung einer Botschaft abubrechen und alle übrigen Stationen zu veranlassen, die Botschaft ebenfalls nicht entgegenzunehmen (Fig. 3).
- Die Fähigkeit von Stationen, nicht korrekt übertragene Botschaften abubrechen, kann zu Beeinträchtigungen bis hin zur Blockade des Busses führen, wenn von einer defekten Station im Extremfall sämtliche übertragene-

nen Botschaften fälschlicherweise als fehlerhaft deklariert werden. In einer solchen Situation wäre wegen des Defektes einer Station keine der übrigen Stationen mehr in der Lage, den Bus zu Kommunikationszwecken zu nutzen.

#### Aufgabe

5

Es ist für lokale Netzwerke ein Lokalisierungsverfahren zur Entdeckung und ggf. Abschaltung defekter Stationen anzugeben, das garantiert, daß auch in ungünstigen Fällen die Kommunikation zwischen intakten Stationen zumindest eingeschränkt erhalten bleibt.

Die Systemkonfiguration insbesondere von Automobil-Netzwerken kann entsprechend dem Ausstattungsgrad der Fahrzeuge stark variieren. Eine wesentliche Forderung an Kfz-Netzwerke ist deshalb die Systemelastizität, die es erlaubt, Stationen hinzuzufügen oder herauszunehmen, ohne damit Änderungen bei der Steuerung der Übertragung und der Fehlerbehandlung erforderlich zu machen. Es geht darum, in einem lokalen Netzwerk eine mit der geforderten Systemelastizität verträgliche optimale Überwachung zu gewährleisten.

10

#### Vorteile der Erfindung

15

Die Erfindung besitzt die folgenden Eigenschaften und Vorteile:

- 1) Jede Station des Netzwerks kontrolliert sich selbst hinsichtlich ihrer Funktionsfähigkeit. Keine Station kontrolliert eine andere Station hinsichtlich deren Funktionsfähigkeit.
- 2) Das Verfahren ist unabhängig von Einzelheiten der Systemkonfiguration in der Weise, daß zur Erkennung von Defekten keine Verwaltung und Übertragung von Informationen über die Systemkonfiguration erforderlich ist.
- 3) Sporadisch auftretende Störungen können von permanenten Defekten unterschieden werden.
- 4) Sich selbst als defekt erkennende Stationen können ganz oder teilweise von Bus getrennt werden, so daß die Kommunikation zwischen den übrigen Busstationen zumindest eingeschränkt noch möglich ist.

20

25

#### Zeichnung

30

Ausführungsbeispiele der Erfindung (allgemein sowie bezogen auf das für den Einsatz in Automobilen konzipierte Controller Area Network) sowie des Standes der Technik sind in der Zeichnung dargestellt und werden im folgenden näher beschrieben und erläutert. Es zeigt

- Fig. 1 Beispiel für ein lokales Netzwerk,  
 Fig. 2 Acknowledgement-Sektor innerhalb einer Botschaft,  
 Fig. 3 Abbruch einer Botschaft,  
 Fig. 4 Blockschaltbild des Funktionsablaufs,  
 Fig. 5 Einbindung der Stationsüberwachung,  
 Fig. 6 Ausführungsbeispiel für eine Stationsüberwachung.

35

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

40

##### 1. Statistische Stationsüberwachung

Das Ziel besteht darin, in Stationen durch fortlaufend durchgeführte Selbstüberwachung sporadisch auftretende Störungen von permanenten Defekten zu unterscheiden, damit defekte Stationen lokal abgeschaltet und vom Netzwerk getrennt werden können.

45

Dazu wird in jeder Station eine Statistik geführt, die alle verfügbaren Informationen wie Fehlermeldungen und die Bestätigungen für korrekte Übertragung (Acknowledgement) auswertet.

Fig. 4 beschreibt den Funktionsablauf der Selbstüberwachung. Der Gesamtheit der in einer Fehlersituation zur Verfügung stehenden Informationen, die sich aus Kombinationen der Meldungen von Fehlerdetektionsmechanismen, Fehlermitteilungsmechanismen sowie von stationsinternen Bedingungen zusammensetzen, wird eine Diagnose zugeordnet. Diese Diagnose ist ein Zwischenresultat des Überwachungsprozesses, sie klassifiziert den vorliegenden Fehler, wobei ihr unmittelbar noch keine Aktion zugeordnet ist.

50

Vielmehr gibt eine Anzahl von Statusworten, die den Zustand der Station in bezug auf das Fehlergeschehen beschreiben, wobei dieser Zustand durch Fehlerhäufigkeit und Fehlerarten über längere Zeiträume hinweg bestimmt ist.

55

Jede Diagnose wird in bezug auf jedes Statuswort mit einer Gewichtung versehen, und mit diesen Gewichtungen werden bei Vorliegen einer Diagnose die Statusworte modifiziert. Die eigentlichen Maßnahmen zur Fehlerlokalisierung werden in Abhängigkeit von den Werten der Statusworte, die zu dem Statusvektor zusammengefaßt werden, ergriffen. Nimmt der Statusvektor bestimmte (vektorielle) Werte an, dann werden diesen Werten entsprechende Aktionen ausgelöst.

60

##### 1.1 Fehlerdetektionsmechanismen, Fehlermitteilungsmechanismen, stationsinterne Bedingungen (Fig. 4, Block 10)

65

Die einzelne Station entscheidet bei jeder gesendeten oder empfangenen Botschaft, ob diese aus der Sicht der Station korrekt oder nicht korrekt übertragen worden ist. Um zu entscheiden, ob eine Botschaft korrekt oder

nicht korrekt übertragen worden ist, gibt es in jeder Station verschiedene Mechanismen:

- 5 a) Eine Menge von Fehlerdetektionsmechanismen. Entdeckung globaler, sich auf alle Stationen auswirkende, sowie lokaler, nur bei einem Teil der Stationen wirksamer Fehler. Beispiele für Fehlerdetektionsmechanismen sind CRC-Prüfung, Überwachung der Bit-Stuffing-Regeln, Format-Überprüfung, Eigenüberwachung z. B. der gesendeten Botschaft.

Die Menge der Fehlerdetektionsmechanismen ist eine Variable FD mit ganzzahligen Werten zugeordnet, die angibt, welcher Fehlerdetektionsmechanismus bzw. welche Kombination von diesen vorliegt und zu welchem Zeitpunkt und in welchem Zusammenhang der Fehler entdeckt wird. Zum Beispiel könnte bedeuten:

- 10 FD = 0: kein Fehler  
FD = 1: mindestens einer der Detektoren meldet einen Fehler während der Übertragung einer Botschaft (Kombination aller Fehlerdetektionsmechanismen)  
15 FD = 2: CRC-Fehler  
FD = 3: Fehler während Fehlerbehandlungsroutine  
etc.

- 20 b) Eine Menge von Fehlermitteilungsmechanismen zwischen den Stationen. Beispiele für Fehlermitteilungsmechanismen sind Fehlermeldungen, positives Acknowledgement, negatives Acknowledgement, Unterscheidung der Fehlermeldungen nach der Schwere des Fehlers (erheblicher Fehler, weniger erheblicher Fehler).

Der Menge der Fehlermitteilungsmechanismen ist eine Variable FM mit ganzzahligen Werten zugeordnet, die angibt, welcher Fehlermitteilungsmechanismus bzw. welche Kombination von diesen vorliegt. Zum Beispiel könnte bedeuten:

- 25 FM = 0: positives Acknowledgement  
FM = 1: negatives Acknowledgement  
FM = 2: kein Acknowledgement  
30 FM = 3: Fehlermeldung  
etc.

- c) Eine Menge stationsinterner Bedingungen. Dabei gibt es botschaftsbezogene Bedingungen, z. B. ob die Station Sender oder Empfänger der Botschaft ist. Und es gibt stationsbezogene Bedingungen, z. B. ob die Selbstüberwachung der Station bereits Einschränkungen für die Teilnahme an der Kommunikation auferlegt hat oder nicht.

Der Menge der internen Bedingungen ist eine Variable IB mit ganzzahligen Werten zugeordnet, die angibt, welche interne Bedingung bzw. welche Kombination von diesen vorliegt. Zum Beispiel könnte bedeuten:

- 40 IB = 0: Station ist Sender der Botschaft  
IB = 1: Station ist Empfänger der Botschaft  
etc.

## 45 1.2. Zuordnung von Diagnosen (Fig. 4, Block 11)

Die Fehlerüberprüfungsinstanz ordnet den Tripeln (FD, FM, IB) eine Diagnose aus der Menge  $D$  der Diagnosen zu.

Eine Diagnose kann bedeuten:

- 50 Botschaft korrekt übertragen, Botschaftsübertragung mit erheblichem oder weniger erheblichen Fehler behaftet, Fehler während einer Fehlermeldung etc.

Die Fehlerüberprüfungsinstanz definiert also eine Abbildung

$$(FD, FM, IB) \rightarrow DU\{\}$$

55 (Bildbereich: Menge der Diagnosen vereinigt mit der leeren Menge).

Eine Regel besagt, daß ein Tripel (FD, FM, IB)

- 60 – relevant ist (nämlich auf eine Diagnose aus  $D$  abgebildet wird)  
– irrelevant ist (nämlich auf die leere Menge  $\{\}$  abgebildet wird).

Zur Festlegung des Regelwerks sind nur die relevanten Regeln anzugeben, die irrelevanten sind dadurch implizit mitbestimmt.

## 65 1.3. Statusworte, Gewichtung der Diagnosen (Fig. 4, Block 12)

Es gibt in jeder Station

- $n$  Statusworte  $S_m, 1 \leq m \leq n$ ,  
 $k$  unterschiedene Diagnosen, die als Ergebnisse von Fehlerüberprüfungen auftreten (z. B. Botschaft korrekt, mit erheblichem/weniger erheblichem Fehler behaftet):  
 $D_i, 1 \leq i \leq k$

Die Diagnosen können auch als  $k$ -dimensionale Vektoren geschrieben werden:

$$D_i = (0 \dots 0, \underset{i}{1}, 0 \dots 0) \quad (1 \leq i \leq k)$$

$i$ -te Stelle

Zu jedem Statuswort  $S_m$  und jeder Diagnose  $D_i$  gibt es eine ganze Zahl

$$g_{i,m} (1 \leq i \leq k, 1 \leq m \leq n),$$

welche das Gewicht der entsprechenden Diagnose angibt, mit dem das entsprechende Statuswort die Diagnose berücksichtigt. Dieses Gewichte-System kann als  $k \times n$ -Matrix geschrieben werden:

$$G(D,S) = (g_{i,m}) (1 \leq i \leq k, 1 \leq m \leq n),$$

#### 1.4. Durchführung einer Fehlerstatistik, Statusvektor (Fig. 4, Block 13)

Der Vektor der Statusworte innerhalb einer Station wird nach jedem Ereignis, dem eine Diagnose  $D_i$  zugeordnet ist, modifiziert:

$$(S_{alt}, D_i, G(D,S)) \rightarrow S_{neu}$$

die Abbildung kann z. B. folgendermaßen definiert werden:

$$(S_1, \dots, S_n) := (S_1, \dots, S_n) + D_i \times G(D,S)$$

#### 1.5. Zuordnung des Statusvektors zu Aktionsklassen, Maßnahmen zur Fehlerlokalisierung (Fig. 4, Block 14, 15)

Die Statusvektoren werden von der Stationsüberwachung benutzt, um Aktionen, wie z. B. Festlegung oder Aufhebung von Restriktionen für den Buszugang, auszulösen.

Hierzu werden Aktionsklassen definiert: Eine Aktionsklasse ist eine Teilmenge der Menge aller Statusvektoren.

Ist  $S$  der Statusvektor vor einem den Statusvektor modifizierenden Ereignis und  $S'$  der durch dieses Ereignis modifizierte Statusvektor, und ist  $A$  eine Aktionsklasse, dann wird die zu  $A$  zugehörige Aktion (z. B. Festlegung von Restriktionen für den Buszugang) ausgelöst, wenn gilt:

$$\text{nicht } S \in A; S' \in A.$$

In dem genannten Beispiel werden die Regeln für den Buszugang eingeschränkt, sobald der Statusvektor in  $A$  liegt.

In der Stationsüberwachung kann neben einer Aktion auch die zugehörige Umkehraktion realisiert sein. Bezüglich des obigen Beispiels wäre die Umkehraktion die Aufhebung der Restriktionen für den Buszugang.

Die Aktionsklassen für Aktion und zugehörige Umkehraktion sollten disjunkt sein, damit durch keine Modifikation des Statusvektors Aktion und Umkehraktion gleichzeitig ausgelöst sind.

Überdecken die Aktionsklassen für Aktion und Umkehraktion die gesamte Menge aller Statusvektoren, dann gilt:

Ist  $A$  die Aktionsklasse für die Aktion, dann wird die Aktion ausgelöst, sobald für den Statusvektor  $S$  gilt:

$$S \in A.$$

Die zugehörige Umkehr-Aktion wird ausgelöst, sobald für den Statusvektor  $S$  gilt:

$$\text{nicht } S \in A.$$

Es ist aber nicht notwendig, daß die Aktionsklassen für Aktion und Umkehraktion die Menge aller Statusvektoren überdecken. Liegt keine Überdeckung vor, und zwar in einer solchen Weise, daß durch entsprechende Modifikationen der Statusvektor aus einer Aktionsklasse herausfallen kann, ohne gleichzeitig in die Umkehr-Aktionsklasse hineinzufallen, dann wird auf diese Weise eine Hysterese für das Auslösen von Aktion und Umkehraktion definiert. Denn per definitionem werden Aktionen vom aktuellen Statusvektor beim Eintritt in, nicht aber beim Austritt aus einer Aktionsklasse ausgelöst.

## Beispiele

Die folgenden 4 Beispiele zeigen Möglichkeiten für die Definition von Aktionsklassen.

Die Aktionsklassen und Umkehr-Aktionsklassen werden in diesen Beispielen jeweils nach folgendem Muster gebildet: Es sei  $x$  eine ganze Zahl.  $S(m, x)$  und  $S \times (m, x)$  für  $1 \leq m \leq n$  seien die Mengen derjenigen Statusvektoren, für die gilt:

$$\begin{aligned} S \in S(m, x) \quad & \Leftrightarrow \\ & S = (x_1, \dots, x_n) \\ & \text{mit } x_i \text{ } 1 \leq i \leq n \text{ ganzen Zahlen} \\ & \text{und } x_m \geq x; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} S \in S \times (m, x) \quad & \Leftrightarrow \\ & S = (x_1, \dots, x_n) \\ & \text{mit } x_i \text{ } 1 \leq i \leq n \text{ ganzen Zahlen} \\ & \text{und } x_m \leq x. \end{aligned}$$

– Definition der Aktionsklassen:

Zu einer gegebenen ganzen Zahl  $x$  wird die Aktionsklasse  $A(x)$  definiert durch:

$$A(x) := \bigcup_{1 \leq m \leq n} S(m, x) \quad (\text{Vereinigungsmenge}).$$

Dann ist  $A(x)$  die Menge der Statusvektoren, für die mindestens ein Statuswort größer als  $x$  ist.

– Definition der Umkehr-Aktionsklassen:

Zu einer gegebenen ganzen Zahl  $x$  wird die Umkehr-Aktionsklasse  $A \times (x)$  definiert durch:

$$A^*(x) := \bigcap_{1 \leq m \leq n} S^*(m, x) \quad (\text{Durchschnittsmenge}).$$

Dann ist  $A \times (x)$  die Menge der Statusvektoren, für die alle Statusworte kleiner als  $x$  sind.

a) Die Aktionsklasse "Benachrichtigung der Anwendungsebene wegen häufiger Busstörungen" kann z. B. so gebildet werden

Man nimmt eine ganze Zahl  $x_1$  und bildet die Aktionsklasse  $a(x_1)$ .

Eine Benachrichtigung erfolgt, wenn für den Statusvektor  $S$  vor einer aktuellen Störung und für den Statusvektor  $S'$  nach dieser Störung gilt:

$$S' \in A(x_1); \text{ nicht } S \in A(x_1).$$

Die Umkehraktion, die "Benachrichtigung der Anwendungsebene wegen abgeklungener Störungshäufigkeit des Busses" kann ähnlich gebildet werden:

Man nimmt eine ganze Zahl  $x_2$  und bildet die Umkehr-Aktionsklasse  $A \times (x_2)$ .

Eine Benachrichtigung erfolgt, wenn für den Statusvektor  $S$  vor einer aktuellen Störung und für den Statusvektor  $S'$  nach dieser Störung gilt:

$$S' \in A \times (x_2); \text{ nicht } S \in A \times (x_2).$$

Wählt man  $x_1 > x_2 + 1$ , dann ergibt sich eine Hysterese bezüglich des Auslösens der Benachrichtigungen.

b) Die Aktionsklasse "Veränderung der Regeln für den Buszugang" kann z. B. so gebildet werden

Man nimmt eine ganze Zahl  $x_3$  und bildet die Aktionsklasse  $A(x_3)$ .

Die Regeln für den Buszugang werden verändert (z. B. kann bei einem Multi-Master-Bussystem verlangt werden, daß die Station nur dann zweimal hintereinander senden darf, wenn sie zwischen diesen beiden Übertragungen eine Pause läßt; auf diese Weise wird erreicht, daß andere sendewillige Stationen unabhängig von den Botschaftsprioritäten beim Senden Vorrang gegenüber der 2. zu übertragenden Botschaft haben), sobald für den aktuellen Statusvektor  $S$  gilt:

$$S \in A(x_3).$$

Die Umkehraktion, das "Wiederherstellen der normalen Regeln für den Buszugang" kann ähnlich gebildet werden:

Man nimmt eine ganze Zahl  $x_4$  und bildet die Umkehr-Aktionsklasse  $A \times (x_4)$ .  
Die ursprünglichen Regeln für den Buszugang werden wiederhergestellt, sobald für den aktuellen Statusvektor  $S$  gilt

$$S \in A \times (x_4). \quad 5$$

Wählt man  $x_3 > x_4 + 1$ , dann ergibt sich eine Hysterese bezüglich der Veränderungen der Regeln für den Buszugang.

c) Die Aktionsklasse "Aussetzen der Zulassung von Fehlermeldungen" kann z. B. so gebildet werden 10

Man nimmt eine ganze Zahl  $x_5$  und bildet die Aktionsklasse  $A(x_5)$ .  
Fehlermeldungen dürfen (im Fehlerfalle) nicht mehr abgesetzt werden, sobald für den aktuellen Statusvektor  $S$  gilt:

$$S \in A(x_5). \quad 15$$

Auf diese Weise kann z. B. erreicht werden, daß Botschaften nicht aufgrund eines Defektes irrtümlicherweise ungültig werden.

Die Umkehraktion, die "Wiederzulassung des Absetzens von Fehlermeldungen" kann ähnlich gebildet werden: 20

Man nimmt eine ganze Zahl  $x_6$  und bildet die Umkehr-Aktionsklasse  $A \times (x_6)$ .  
Fehlermeldung dürfen (im Fehlerfalle) wieder abgesetzt werden, sobald für den aktuellen Statusvektor  $S$  gilt:

$$S \in A \times (x_6). \quad 25$$

Wählt man  $x_5 > x_6 + 1$ , dann ergibt sich eine Hysterese bezüglich des Aussetzens und der Wiederzulassung des Absetzens von Fehlermeldungen.

d) Die Aktionsklasse "Durchführung der Selbstabschaltung" kann z. B. so gebildet werden 30

Man nimmt eine ganze Zahl  $x_7$  und bildet die Aktionsklasse  $A(x_7)$ .  
Die Station wird bezüglich des Sendens und/oder bezüglich des Empfangens von Botschaften vom Bus abgekoppelt, sobald für den aktuellen Statusvektor  $S$  gilt:

$$S \in A(x_7). \quad 35$$

Auf diese Weise kann z. B. erreicht werden, daß defekte Stationen den Busbetrieb nicht mehr stören können.

Die Wiederanschließung einer vom Busgeschehen abgekoppelten Station kann in verschiedener Weise erfolgen. So kann eine Regenerierung über die Anwendungsebene stattfinden oder es kann eine selbstüberwachte Zeitdauer geben, nach deren Ablauf eine Wiederanschaltung automatisch erfolgt. Ebenso kann eine vorgegebene Anzahl korrekt empfangener Botschaften (nur bei Sendeabschaltung) abgewartet werden etc. 40

#### 1.6. Einbindung der Stationsüberwachung in den Kommunikationsablauf 45

Die Realisierung der Stationsüberwachung erfolgt mit Hilfe der in Fig. 5 und Fig. 6 angegebenen Flußdiagramme, die hardwaremäßig oder auf einem handelsüblichen  $\mu C$  softwaremäßig implementiert werden können.

Der Funktionsblock "Stationsüberwachung" muß dazu definiert und zeitlich richtig in den Kommunikationsprozeß eingebunden werden. 50

#### 2. Parametrisierungsbeispiel CAN 55

Das beschriebene Verfahren zur Fehlerlokalisierung wurde beim Kommunikationsnetzwerk CAN implementiert. Dabei wurden die im folgenden angegebenen Parameter gewählt. 60

##### 2.1. Fehlerdetektionsmechanismen, Fehlermitteilungsmechanismen, stationsinterne Bedingungen bei CAN 65

Die Variablen FD für die Fehlerdetektionsmechanismen, FM für die Fehlermitteilungsmechanismen und IB für die stationsinternen Bedingungen werden wie folgt definiert.

Definition von FD:

- FD = 0: kein Fehler
- FD = 1: Fehler während der Übertragung einer Botschaft, nicht aufgrund fehlenden Acknowledgements
- FD = 2: Fehler während der Übertragung einer Botschaft, aufgrund fehlenden Acknowledgements
- FD = 3: Fehler während der Fehlerbehandlungsroutine 65

Definition von FM:

- FM = 0: positives Acknowledgement  
(Alle Empfänger bestätigen damit simultan den fehlerfreien Empfang der übertragenen Botschaft. Beim Sender kommt die Information an, daß mindestens ein Empfänger die Botschaft fehlerfrei empfangen hat. Damit ist keine Festlegung von Stationsadressen erforderlich.)
- 5 FM = 1: erheblicher Fehler, dadurch gekennzeichnet, daß die zugehörige Fehlermeldung weitere Fehlermeldungen bei anderen Stationen auslöst.
- FM = 2: weniger erheblicher Fehler, dadurch gekennzeichnet, daß die zugehörige Fehlermeldung bei keiner anderen Station eine Fehlermeldung auslöst.

#### 10 Definition von IB:

- IB = 0: Sender der Botschaft, berechtigt, im Fehlerfall Fehlermeldungen abzusetzen
- IB = 1: Sender der Botschaft, nicht berechtigt, im Fehlerfall Fehlermeldungen abzusetzen
- IB = 2: Empfänger der Botschaft

15

#### 2.2 Zuordnung von Diagnosen

Es gibt 7 unterschiedliche Diagnosen, und die Abbildung

20  $(FD, FM, IB) \rightarrow D \cup \{\}$

ist gegeben durch:

1. FD = 0 und FM = 0 und IB = 0  
→ Diagnose D1
2. FD = 0 und FM = 0 und IB = 1  
→ Diagnose D1
3. FD = 0 und FM = 0 und IB = 2  
→ Diagnose D2
- 30 4. FD = 1 und FM = 1 und IB = 0  
→ Diagnose D3
5. FD = 1 und FM = 2 und IB = 0  
→ Diagnose D3
6. FD = 1 und FM = 1 und IB = 1  
→ Diagnose D3
- 35 7. FD = 1 und FM = 1 und IB = 1  
→ Diagnose D3
8. FD = 2 und FM = 1 und IB = 0  
→ Diagnose D3
9. FD = 2 und FM = 2 und IB = 0  
→ Diagnose D3
- 40 10. FD = 2 und FM = 1 und IB = 1  
→ Diagnose D3
11. FD = 1 und FM = 1 und IB = 2  
→ Diagnose D4
- 45 12. FD = 2 und FM = 1 und IB = 2  
→ Diagnose D4
13. FD = 1 und FM = 2 und IB = 2  
→ Diagnose D5
- 50 14. FD = 2 und FM = 2 und IB = 2  
→ Diagnose D5
15. FD = 3 und FM = 1 und IB = 0  
→ Diagnose D6
16. FD = 3 und FM = 2 und IB = 0  
→ Diagnose D6
- 55 17. FD = 3 und FM = 1 und IB = 2  
→ Diagnose D7
18. FD = 3 und FM = 2 und IB = 2  
→ Diagnose D7

60

Alle anderen Kombinationen werden auf die leere Menge abgebildet.

#### 2.3. Statusworte, Gewichtung der Diagnosen

- 65 Anzahl der Statusworte:  $n = 2$ ,  
 $S_1$ : 8 bit Wort  
 $S_2$ : 7 bit Wort



Den Statusworten wird bei underflow der Wert 0 und bei overflow die Werte 256 bzw. 128 zugewiesen.  
Die Matrix  $G(D,s)$  lautet:

$$G(D, S) = \begin{pmatrix} -1 & 0 \\ 0 & -1 \\ 8 & 0 \\ 0 & 9 \\ 0 & 1 \\ 8 & 0 \\ 0 & 8 \end{pmatrix}$$

Die Einträge in diese Matrix wurden so gewählt, daß im Mittel senderseitig auf 8 korrekte eine inkorrekte Botschaft tolerierbar ist. Empfängerseitig ist das tolerierbare Verhältnis 9 korrekte auf eine inkorrekte Botschaft bei erheblichen Fehlern bzw. eine korrekte auf eine inkorrekte Botschaft bei nicht erheblichen Fehlern.

#### 2.4. Durchführung der Fehlerstatistik

Die Modifikation des Statusvektors wird folgendermaßen vorgenommen:

$$(S_1, \dots, S_n) := (S_1, \dots, S_n) + D_i \times G(D, S)$$

#### 2.5. Zuordnung des Statusvektors zu Aktionsklassen, Maßnahmen zur Fehlerlokalisierung

##### a) Benachrichtigung der Anwendungsebene wegen häufiger Busstörungen

Passend zu Beispiel a) von Abschnitt 1.5. wird  $x_1 = x_2 = 96$  gewählt.

##### b) Veränderung der Regeln für den Buszugang

Passend zu Beispiel b) von Abschnitt 1.5. wird  $x_3 = x_4 = 128$  gewählt.

##### c) Kein Absetzen von Fehlermeldungen im Fehlerfall

Passend zu Beispiel c) von Abschnitt 1.5. wird  $x_5 = x_6 = 128$  gewählt.

##### d) Durchführung der Selbstabschaltung

Den Bezeichnungen von 1.5. folgend ist die zugehörige Aktionsklasse gegeben durch

$$S(1,256),$$

d. h. Selbstabschaltung erfolgt bei overflow von Statuswort  $S_i$ .

Die betreffende Station wird vom Bus als Sender und Empfänger abgekoppelt.

Die Wiederankopplung einer zuvor selbstabgeschalteten Station erfolgt

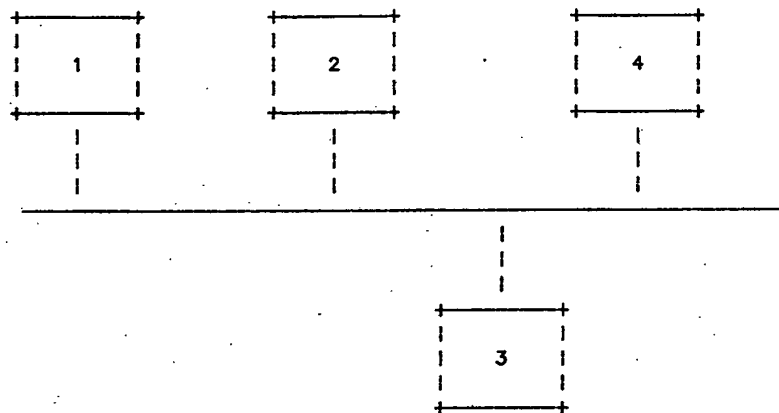
1. unter CPU-Kontrolle, d. h. die CPU entscheidet, ob die Station vorübergehend oder dauernd vom Bus getrennt bleibt.

2. Es gibt eine CAN-Controller interne Wartezeit, die in jedem Fall und zusätzlich zu einer CPU-definierten Wartezeit bis zur Wiederankopplung eingehalten wird.

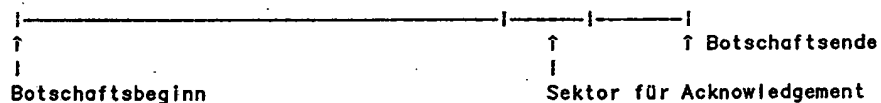
- Leerseite -

3719283

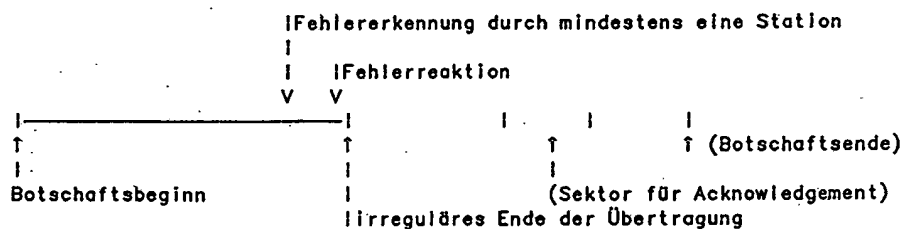
1/4



Figur 1

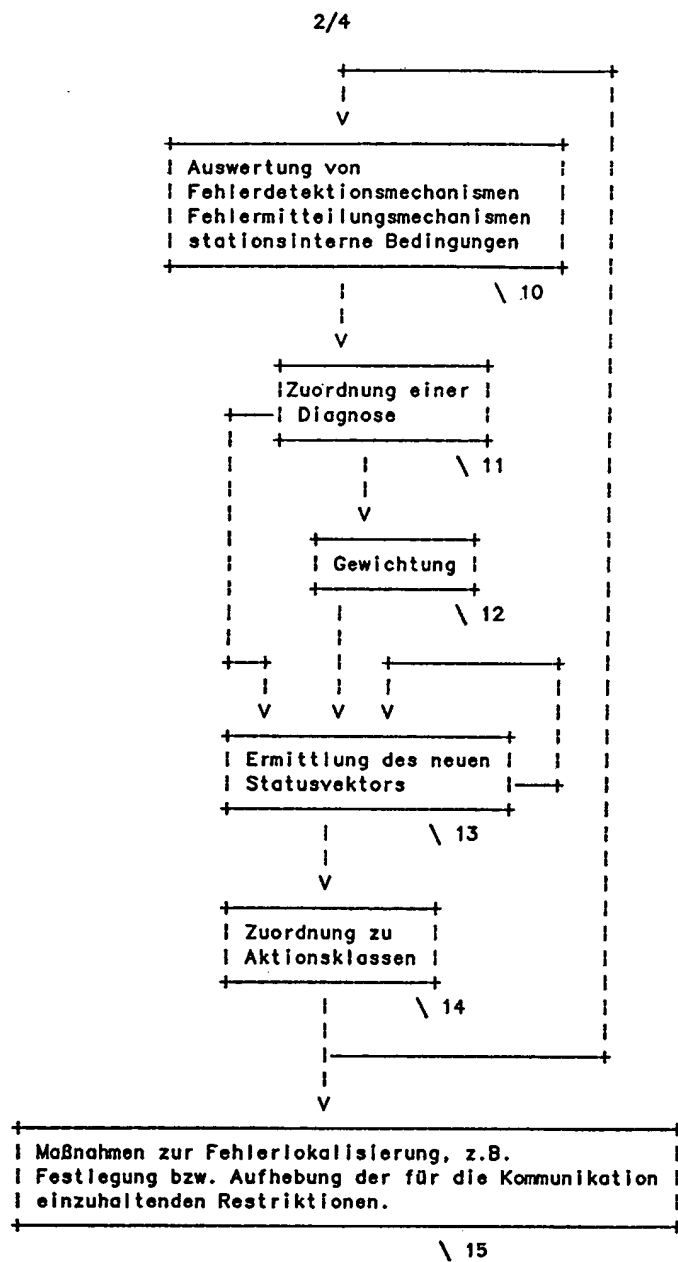


Figur 2



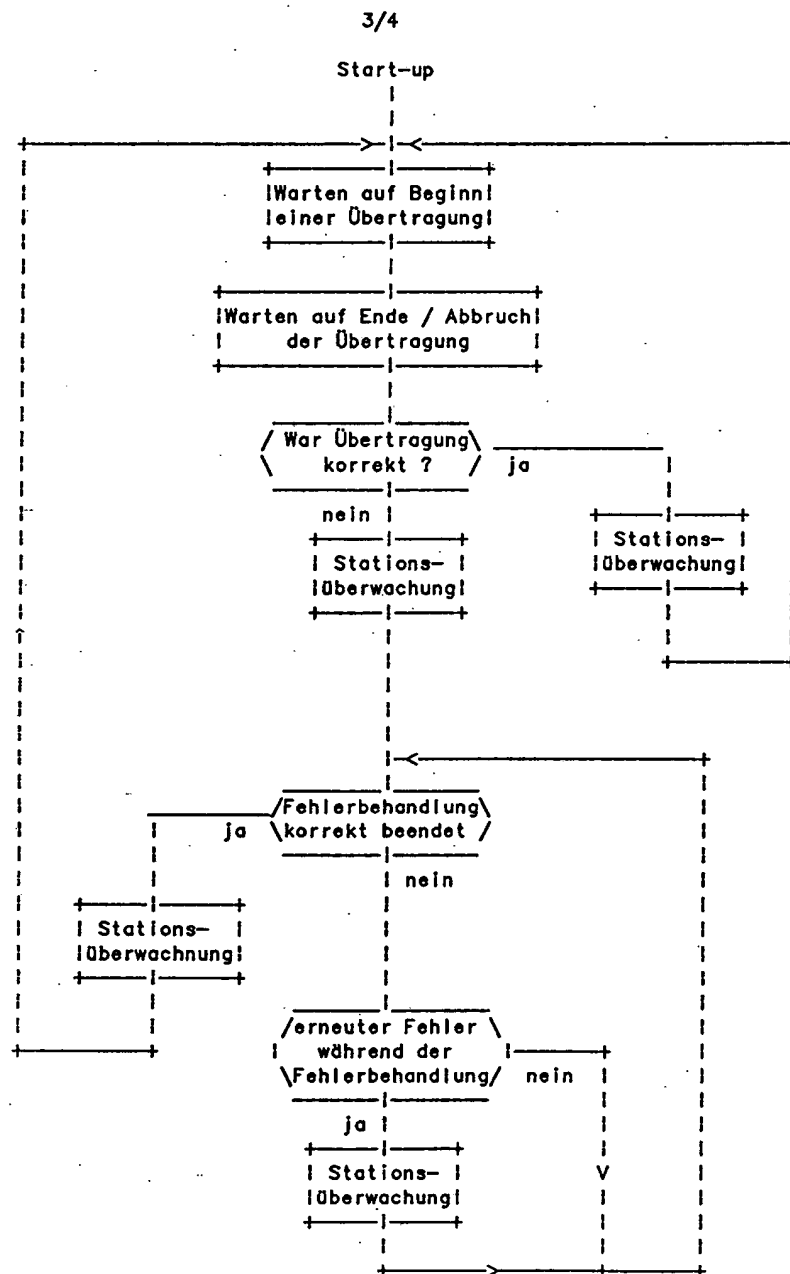
Figur 3

3719283



Figur 4

3719283



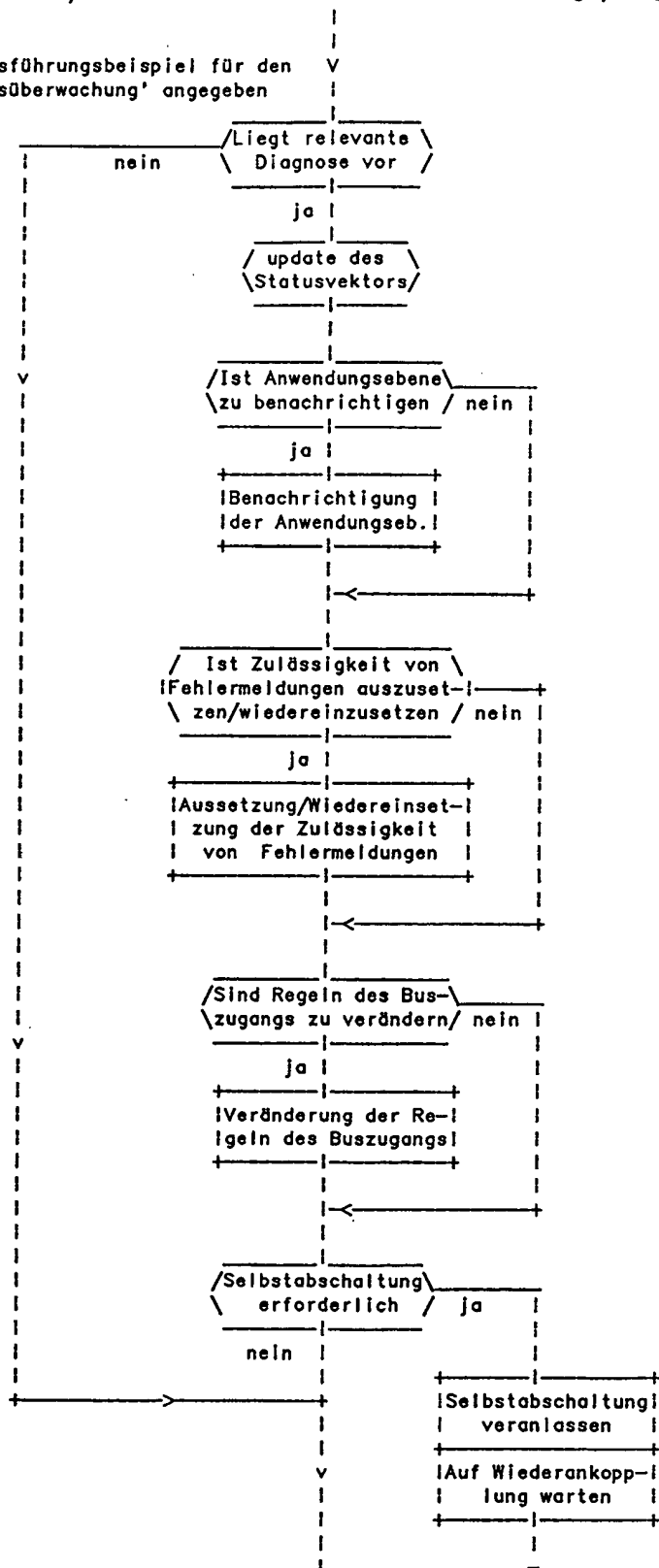
Figur 5

4/4

3719283

Im folgenden ist ein Ausführungsbeispiel für den Funktionsblock 'Stationsüberwachung' angegeben

+-----+  
 |Stations- |  
 |überwachung|  
 +-----+  
 :=



Figur 6

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☒ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**